

Les protocoles exposés sont susceptibles d'évoluer avant la campagne de terrain effective, de même que la localisation du site d'étude selon l'évolution de la situation en Nouvelle-Calédonie.

Projet de recherche étudiant BleuPacifiC

Résumé :

Le projet BleuPacifiC, porté par 5 élèves de l'ENS-PSL, consiste en un travail de recherche interdisciplinaire visant l'étude de l'impact de la hausse du niveau des mers sur les écosystèmes de mangrove. Il prendra la forme d'une campagne de terrain lors du premier semestre de l'année 2025.

La question traitée sera abordée sous un prisme tri-disciplinaire :

- Une composante biologique étudiant la composition des communautés d'organismes décomposeurs et l'efficacité de dégradation du bois ;
- Une composante physique investiguant le transport et le stockage de sédiments déterminés par des phénomènes hydrodynamiques dans les mangroves ;
- Une composante chimique centrée autour des processus de séquestration et de diagenèse du carbone dans les sédiments, et d'analyse de la litière décomposée et minéralisée par les organismes décomposeurs.

Les questions générales qui se dégagent de chaque études sont :

- **Partie Biologie**
 - *Quels organismes décomposeurs du bois sont présents dans la mangrove d'étude en fonction de son élévation (distribution spatiale) ?*
 - *À quelle vitesse le bois est-il décomposé (efficacité) ?*
 - *Comment la montée des eaux affecte-t-elle ces deux aspects ?*
- **Partie Physique**
 - *Quel est le budget de sédiments (quantité entrante, sortante et stockée) dans la mangrove d'étude?*
 - *Où les sédiments sont-ils stockés préférentiellement (distribution spatiale) ?*
 - *Comment la montée des eaux affecte-t-elle ces deux aspects ?*
- **Partie Chimie**
 - *Sous quelle forme le carbone est-il présent au sein des sédiments stockés (organique ou inorganique) ? Quelles hypothèses peut-on en tirer sur la formation d'une couche d'accrétion pérenne ?*
 - *Quels sont les paramètres chimiques qui influencent la distribution des organismes décomposeurs dans la mangrove (ratios C:N) ?*
 - *Sous quelle forme est présent le carbone dans les échantillons de litière étudiés (analyses exactes à discuter)?*

Objectif général de l'étude :

L'étude se concentre sur les sédiments et le bois en décomposition dans les mangroves d'étude. Notre objectif est d'analyser le rôle spécifique de ces deux composants dans le stockage du carbone au sein

de cette mangrove, ainsi que d'examiner l'impact de la montée des eaux sur ces facteurs. De plus, nous cherchons à étudier les possibilités d'adaptation de ces mangroves à l'élévation du niveau de l'océan, selon l'influence des deux facteurs sus-cités sur la vitesse d'accrétion.

Bibliographie générale :

- Krauss, Ken & McKee, Karen & Lovelock, Catherine & Cahoon, Donald & Saintilan, Neil & Reef, Ruth & Chen, Luzhen. (2013). *How mangroves adjust to rising sea level*. New Phytologist. 10.1111/nph.12605.
- Woodroffe, Colin & Rogers, Kerrylee & McKee, Karen & Lovelock, Catherine & Mendelssohn, Irving & Saintilan, N.. (2016). *Mangrove Sedimentation and Response to Relative Sea-Level Rise*. Annual Review of Marine Science. 8. 243-266. 10.1146/annurev-marine-122414-034025.
- Friess, Dan & Adame, Fernanda & Adams, Janine & Lovelock, Catherine. (2022). *Mangrove forests under climate change in a 2°C world*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 13. 10.1002/wcc.792.
- Virly, Sabrina & Buisson, Damien & Duke, Norman & Marchand, Cyril & Dumas, Pascal (2007). *Typologies et Biodiversité des mangroves de Nouvelle-Calédonie*.

Calendrier du projet :

Fin janvier / début février	<ul style="list-style-type: none"> - Arrivée sur le terrain - Mise en place / finalisation des protocoles et des calendriers précis en coordination avec les laboratoires sur place - Repérage des sites d'étude
Mars	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place des expériences, prise d'échantillons - Premières mesures
Mars - Août	<ul style="list-style-type: none"> - Déroulement des expériences, des mesures, des analyses
Août	<ul style="list-style-type: none"> - Retour en métropole
Août - Septembre	<ul style="list-style-type: none"> - Finalisation et rendu du / des rapports
Septembre - Décembre	<ul style="list-style-type: none"> - Conférences et interventions pour mettre en valeur le projet / sensibiliser à la cause

L'équipe et contacts :

- Margot Leturcq, M1 de chimie - margot.leturcq@ens.fr
- Lou Giovannini, M1 de biologie - lou.giovannini@ens.fr
- Orane Pion, M1 de biologie - orane.pion@ens.fr
- Arthus Serani, M1 de physique - arthus.serani@ens.fr
- Gabin Chateau, M1 de physique - gabin.chateau@ens.fr
- Adresse mail de notre association BleuPacifiC : bleupacific6@gmail.com

Méthodes :

● **Partie Biologie :**

- 1) Quantification de la dégradation du bois selon un gradient vertical et horizontal : N transects effectués dans les mangroves intertidales étudiées, depuis les zones de haute élévation (au-dessus des zones intertidales hautes) vers celles de basse élévation. Largeur des transects à déterminer selon les limites imposées par la structure locale (densité de la végétation, du système racinaire...). Mesure du volume de LWD (Large Woody Debris > 2cm de diamètre, collectés à marée basse) en N plots (20m x 20m) répartis le long de chaque transect.
- 2) Estimation de la vitesse de dégradation de panneaux de bois : N Panneaux de bois de palétuviers (espèce à déterminer selon celle présente localement) placés dans les mangroves étudiées le long des transects . Ordre de grandeur des dimensions : 10cm x 10cm x 2 cm. Panneaux préalablement séchés à l'étuve (60°C - 48h) puis pesés. Exposition des panneaux pendant N mois. Détermination de la masse de bois perdue par différence à la masse des panneaux séchés à l'étuve après exposition.
- 3) Identification des organismes décomposeurs : Découper et imager les panneaux expérimentaux , collecter les organismes présents. Examiner également des morceaux de LWD collectés dans les mangroves (cf 1). Fixer les organismes dans de l'éthanol pour une identification ultérieure par microscopie et imagerie digitale.
- 4) Étude de l'impact de l'élévation du niveau de la mer sur les communautés d'organismes décomposeurs et la dégradation du bois :

Option A : prendre N ensembles {panneaux, volume défini du substrat environnant} présents à différentes élévations le long des transects. Les placer dans des endroits où les temps d'immersion sont plus longs (à définir en fonction des prévisions d'immersion future de la zone d'origine) (*translocation study*). Après N temps d'exposition à la nouvelle zone, analyses identiques à 1), 2) et 3). Comparaison avec des panneaux témoins laissés dans la zone d'origine. Pour les panneaux déplacés, l'état initial avant déplacement (organismes décomposeurs + masse sèche) peut être déterminé à l'aide de panneaux adjacents dont l'état peut être considéré comme similaire.

Option B : Idem, mais en utilisant des morceaux de LWD au lieu de panneaux expérimentaux. Les morceaux de LWD déplacés et leurs témoins correspondants seront choisis pour leur proximité dans leur zone d'origine, ou à partir d'un même morceau divisé en plusieurs subsets, afin de maximiser l'uniformité initiale des morceaux en termes de communautés de décomposeurs et de masse brute. Les pièces déplacées et leurs témoins ne pouvant dans ce cas pas avoir la même masse sèche initiale, les analyses finales compareront les rapports masse brute finale/masse brute initiale des pièces, puis après séchage en étuve, les rapports masse sèche finale/masse brute finale.

Dans le cas où le dispositif expérimental de Mont-Dore utilisé dans la thèse d'Adrien Jacotot pourrait être mis à notre disposition :

L'exposition des subsets à des temps d'immersion supérieurs pourrait être réalisée grâce à ce dispositif, plutôt que par déplacement dans des zones d'élévation différentes dans la mangrove. Cela permettrait de contrôler les temps d'immersion, notamment pour les adapter aux scénarios de montée des eaux. Cela permettrait aussi de limiter le nombre de facteurs

variables pouvant déterminer l'évolution des subsets dans leurs nouvelles conditions et nous éloigner du seul effet de l'augmentation du temps d'immersion.

Mesure des temps d'émersion : Marquer le niveau de l'eau à marée haute sur les arbres des mangroves. A marée basse, mesurer la distance du substrat à la marque. Soustraire cette distance à la hauteur de la marée haute telle qu'indiquée dans les données locales pour obtenir le niveau d'élévation au-dessus de l'eau. Calculer les temps d'émersion des panneaux et des morceaux de bois en rapportant leurs niveau d'élévation aux données locales sur les marées.

NB :

- « N » = nombre à déterminer
- Les nombres de réplicats et les périodes de collecte et d'analyse des panneaux (ce deuxième paramètre influençant le premier) restent à déterminer.

Matériel nécessaire :

- Panneaux de bois de palétuviers
- Balances de précision
- Etuves
- Microscopes
- *À discuter* : Dispositif expérimental de Mont-Dore utilisé dans la thèse d'Adrien Jacotot (serres permettant le contrôle des temps d'immersion)

Bibliographie :

- Hendy, Ian & Shipway, Reuben & Tupper, Mark & Etxabe, Amaia & Ward, Raymond & Cragg, Simon. (2022). *Biodegraders of Large Woody Debris Across a Tidal Gradient in an Indonesian Mangrove Ecosystem*. *Frontiers in Forests and Global Change*. 5. 852217. 10.3389/ffgc.2022.852217.

- **Partie Physique :**

- 1) Réalisation d'un budget de sédiments au sein d'une mangrove

Mesure de la quantité de sédiments entrant et sortant de la mangrove. Pour ce faire, nous souhaitons réaliser des mesures de vitesses et de hauteurs d'eau à plusieurs endroits stratégiques nous permettant de déterminer les flux volumiques d'eau entrant et sortant. Puis à l'aide de prélèvement d'échantillons d'eau et de mesures de turbidité, nous permettant d'avoir accès à la concentration en sédiments, nous pourrions obtenir les flux de sédiments. Pour compléter le budget de sédiment, nous devons également mesurer la quantité de sédiments stockés au sein de la mangrove. Pour ce faire nous effectuerons des transects dans la mangrove où nous placerons des pièges à sédiments. Nous relèverons ces pièges à des intervalles bien déterminés pour en mesurer la masse sèche et quantifier le stockage de sédiments.

- 2) Etude de la distribution de sédiments stockés

Les pièges à sédiments nous permettent d'avoir l'information sur les sites d'accumulation préférentiels de ces derniers. Ainsi, nous pourrions cartographier la quantité de sédiments stockés au sein d'une mangrove. Le choix des sites où placer les pièges est donc déterminant, tout comme le niveau de discrétisation de la mangrove.

- 3) Comparaison de plusieurs mangroves différemment exposées aux marées

Nous souhaitons réaliser un budget de sédiment pour au moins deux mangroves, aux caractéristiques similaires mais dont la morphologie implique des flux d'eau très différents. En comparant leurs caractéristiques et en espérant trouver des liens de causalité entre les différences mesurées, nous pourrions avoir des indications sur l'effet de la quantité d'eau sur la distribution de sédiments au sein d'une mangrove.

- 4) Etablir un modèle et appliquer des scénarios de montée des eaux

Notre objectif est ensuite d'utiliser les différentes données récoltées pour les implémenter dans un modèle dont l'objectif sera d'étudier l'influence d'une montée éventuelle du niveau moyen des océans sur les budgets de sédiments.

Plus précisément, des scénarios de montée des eaux seront appliqués, il nous sera donc possible d'évaluer les conséquences des variations dans la distribution de sédiments sur les mangroves en fonction notamment de ces scénarios et des sites étudiés.

Matériel nécessaire :

- Current Meter
- Optical backscatter et/ou néphélomètre
- Pièges à sédiments (pizza stones ? = seulement problématique s'il pleut, les sédiments seront chassés)
- Une étuve (pour sécher les sédiments) et une balance

Bibliographie :

- Wolanski, Eric & Gibbs, R.J. & Spagnol, Simon & King, Brian & Brunskill, G.. (1998). *Inorganic sediment budget in the mangrove-fringed Fly River Delta, Papua New Guinea*. Mangroves and Salt Marshes. 2. 85-98. 10.1023/A:1009946600699.

- **Partie Chimie :**

- 1) Etude de la décomposition du bois (// avec Biologie) :

En complément de la partie Biologie 4) Étude de l'impact de l'élévation du niveau de la mer sur les communautés d'organismes décomposeurs et la dégradation du bois :

Phrases issues de l'article [Robin-geochimica2024-1-s2.0-S0016703724001212-main.pdf](#) :

*“The immersion not only influences the leaching but also enhances the microbial development, as evidenced by $\delta^{15}\text{N}$ values variations beneath both *R. stylosa* stands.”*

“The isotopic values, particularly $\delta^{13}\text{C}$ mean values of fresh leaves, provided valuable insights into the adaptive responses of mangrove trees.”

L'idée est de quantifier par des analyses chimiques l'altération de l'efficacité de dégradation de la litière végétale par les communautés d'organismes décomposeurs avec la montée du niveau de l'eau. Pour cela, il s'agirait de conduire des analyses sur les panneaux de bois et sur les substrats pesés par les biologistes. D'après *Robin et al. 2024*, on pourrait étudier les changements de qualité de la matière organique présente dans la litière pendant sa dégradation, en relation avec l'élévation du niveau de l'eau (lignine? carbohydrates? cellulose?).

Il s'agit également de mesurer les paramètres physico-chimiques (pH, salinité, redox) ainsi que les ratios C:N, les valeurs isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) sur les différents sites pour évaluer leur impact sur la distribution spatiale des communautés d'organismes décomposeurs.

Remarque : Déterminer les analyses pertinentes à réaliser sur les panneaux de bois et le substrat en dessous avant et après action des organismes décomposeurs. Quelles informations peut-on en tirer vis-à-vis de l'enjeu de l'augmentation de la durée d'immersion ? Peut-on quantifier l'efficacité/l'action de ces organismes à l'aide d'analyses chimiques (au-delà du decay rate) ?

- 2) Etude des sédiments accumulés pour l'adaptation de la mangrove à la hausse du niveau de l'eau (// avec Physique)

En complément de la partie Physique 2) Etude de la distribution de sédiments stockés

Pour l'analyse des sédiments piégés, il s'agit de faire une pyrolyse Rock-Eval 6 pour obtenir la proportion de matière organique et inorganique. L'objectif étant de prédire le taux de décomposition de ces sédiments accumulés pour savoir s'ils vont former une couche d'accrétion stable ou non (et ainsi permettre à la mangrove de s'adapter à la hausse du niveau de l'eau ou non). En effet, si les sédiments accumulés sont composés en grande partie de matière organique, cette couche est susceptible de diminuer fortement.

Matériel nécessaire :

- Pyrolyse Rock-Eval 6 (pour le TOC)
- Isotope ratio mass spectrometer Sercon Integra 2 (pour les ratios C:N et isotopes)
- pH-mètre + électrodes (pH et potentiel redox)
- Réfractomètre Atago (pour la salinité)
- CNS-2000 LECO apparatus ? (pour le Total Sulfur) = se renseigner sur l'intérêt de cette mesure.

Bibliographie :

- Jacotot, Adrien (2017), *Dynamique du carbone dans les mangroves de Nouvelle-Calédonie, Passé, présent, futur*, Thèse de doctorat

- Robin, Sarah (2023), Influence de l'urbanisation sur la dynamique de la matière organique et des éléments traces métalliques dans les mangroves, Thèse de doctorat
- Robin, Sarah & Milbeau, Claude & Gututauava, Kapeliele & Marchand, Cyril. (2024). Influence of species and stand position on isotopic and molecular composition of leaf litter during degradation in an urban mangrove forest. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 372. 10.1016/j.gca.2024.03.008.